

금강유역의 어류상과 서식지 적합도 지수 산정^{1a}

허준욱² · 박진우² · 강신욱² · 김정곤^{2*}

Estimation of Fish Fauna and Habitat Suitability Index in the Geum River Basin^{1a}

Jun-Wook Hur², Jin-Woo Park², Shin-Uk Kang², Jeong-Kon Kim^{2*}

요 약

금강수계에서 어류상과 서식지 적합도 지수(HSI: habitat suitability indexes)를 산정하기 위하여 2007년 10월부터 2009년 3월까지 23개 지점을 선정하여 어류 채집을 실시하였다. 이를 바탕으로 어류상, 상대풍부도 및 생물다양도 등을 포함한 하천의 건강성 평가를 실시하고, 우점종에 대하여 서식지 적합도 지수를 산정하였다. 모든 지점에서 채집된 어류는 총 11과 50종 6188개체였다. 한국고유종은 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*) 및 각시붕어(*Rhodeus uyekii*) 등 21종(42%)이 출현하였다. 출현어종중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 피라미(*Zacco platypus*)로 34.3%를 차지하였고, 다음은 참갈겨니(*Z. koreanus*) 10.2%, 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*) 8.4% 등의 순으로 나타났다. 대부분 지점에서 우점종으로 나타난 피라미(*Z. platypus*)의 서식지 적합도 지수는 수심 0.1~0.9m, 유속 0~0.9m/s 및 하상재료 실트(<0.1mm)~호박돌(100.0~300.0mm)로 나타났다. 본 조사결과 금강수계 23개 지점에서 한국고유종 및 멸종위기종이 다수 출현하는 것으로 조사되어 보존 및 보호대책이 필요하다.

주요어: 어류군집, 수심, 유속, 하상재료, 건강성 평가

ABSTRACT

We assessed fish fauna and habitat suitability indexes in the Geum river basin. Field monitoring was conducted for ecological and habitat condition assessment at 23 sites from October 2007 to March 2009. The habitat suitability indexes established for dominant fish species using the monitoring data were employed to assess riverine health conditions such as composition ratio of fish species, richness and dominance indexes, bio-diversity(dominance index, diversity, evenness and richness), and water depth, velocity and substrate size. Twenty-one species(42%) including *Rhodeus uyekii* and *Pseudopungtungia nigra* were found endemic out of the 50 species in 11 families sampled during this study period. The most frequently found one was *Zacco platypus*(34.3%) followed by *Z. koreanus*(10.2%) and *Coreoleuciscus splendidus*(8.4%). For *Z. platypus*, the dominant fish species in the basin, the favored habitat conditions were estimated to be 0.1 ~ 0.9 m for water depth, 0 ~ 0.9m/s for flow velocity and silt(<0.1mm)~cobbles(100.0 ~ 300.0mm) for substrate size,

1 접수 2009년 5월 5일, 수정(1차: 2009년 10월 29일, 2차: 2009년 12월 8일), 게재확정 2009년 12월 9일

Received 5 May 2009; Revised(1st: 29 October 2009, 2nd: 8 December 2009); Accepted 9 December 2009

2 한국수자원공사 River Environment Team, Water Resources and Environmental Research Center, K-water Research Institute, Korea Water Resources Corporation, Daejeon(305-730), Korea(jkkim@kwater.or.kr)

a 본 연구는 국토해양부 'Ecoriver 21' 연구비 지원에 의해 수행한 연구 과제임.

* 교신저자 Corresponding author(jkkim@kwater.or.kr)

respectively. Overall, it was concluded that the Geum river basin has been relatively well protected from the anthropogenic disturbance for the legally protected species including the endemic species studied in this study.

KEY WORDS: FISH FAUNA, WATER DEPTH, VELOCITY, SUBSTRATE SIZE, RIVERINE HEALTH CONDITION

서론

금강은 전라북도 장수군 장수읍 수분리의 신무산(896.8m) 동쪽 계곡에서 발원하여 충청남도과 전라북도의 도계를 이루는 서천군과 군산시 사이의 하구언에서 서해로 유입하는 강이다. 유로 연장 397.3km, 유역 면적 9912.2km² 한국 6대 하천 중 하나이며, 남한에서는 낙동강, 한강에 이어 3번째로 긴 강이다. 금강으로 유입되는 주요지류로는 정자천, 주자천, 무주남대천, 초강천, 봉황천, 보청천, 갑천, 미호천, 유구천, 지천 및 논산천 등이 있으며, 또한 금강수계에는 삽교천, 동진강 및 만경강 등이 있다.

하천 생태계에서 환경변화는 어류뿐만 아니라 모든 생물의 서식지 및 산란장 등에 영향을 줄 수 있다. 환경에 대한 사회적 관심이 증가하면서 하천 생태계를 고려한 환경생태 유량의 중요성이 증가하게 되었다. 그러나 아직까지 생태계에 필요한 유량 산정 및 평가방법, 정량화 및 기초 database(DB) 등의 객관적 자료는 미흡한 실정이다. 특히, 어류 및 수생태계 복원을 위해 필요한 어류생태를 고려한 유량의 산정방법은 아직까지 기초적인 단계에 머물러 있는 상황이다.

미국은 1960년대부터 연어과(Salmonidae) 개체수가 감소하자 이에 대한 대책으로 어류서식지 보전을 위한 생태유량에 관한 연구를 시작하였으며, 이를 근거로 하여 서식지 적합도 지수(HSI: habitat suitability index)에 의한 물리적 서식지 모의시스템(PHABSIM: physical habitat simulation system)(Waddle, 2001)에서 유량-WUA(가중가용면적) 관계를 제공하여, 어류서식에 필요한 유량을 산정하였다. 이와 더불어 1970년대부터 어류 및 야생동물국(Fish and wildlife service)에서 유지유량 증분법(IFIM)에 의한 어류종별, 성장단계별 서식지 및 서식지 조건별 수리량을 환산하여 하천 유지유량을 결정하는 연구가 진행되었다(Stalnaker *et al.*, 1995). 또한 미국 환경청(USEPA) 및 지질조사국(USGS)에서는 '모니터링 가이드라인'을 확정하여, 어류 및 각종 생물에 대하여 체계적이고 지속적인 모니터링을 다학제간 연계하여 실시하고 있다.

한국의 하천에 서식하는 담수어류는 61종의 고유종을 포함하여 215종이며, 이 중에서 외국에서 도입되어 정착한 어류는 12종으로 알려져 있다(Son and Song, 2006). 본 조

사수역인 금강에 서식하는 어류는 16목 37과 139종으로 잉어과가 36%로 50종이 출현하는 것으로 보고하였으며(Son and Song, 2006), An *et al.*(1992)은 18과 70종이 출현하는 것으로 알려졌다.

따라서 본 조사는 금강수계 23개 지점을 선정하여 어류 서식환경을 고려한 생태유량 산정 등 기초자료를 구축 및 평가하고자 하였다. 이를 위하여 수리 및 어류생물학적인 상호연계를 통하여 하천건강성 평가와 어류생태 모니터링을 통한 어종별 서식환경특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 조사기간 및 지점

본 조사는 2007년 10월부터 2009년 3월까지 금강수계의 주요지점을 선정하여 어류 채집을 실시하였다. 채집지점은 본류, 초강천, 보청천, 갑천, 유구천, 지천, 삽교천, 정읍천

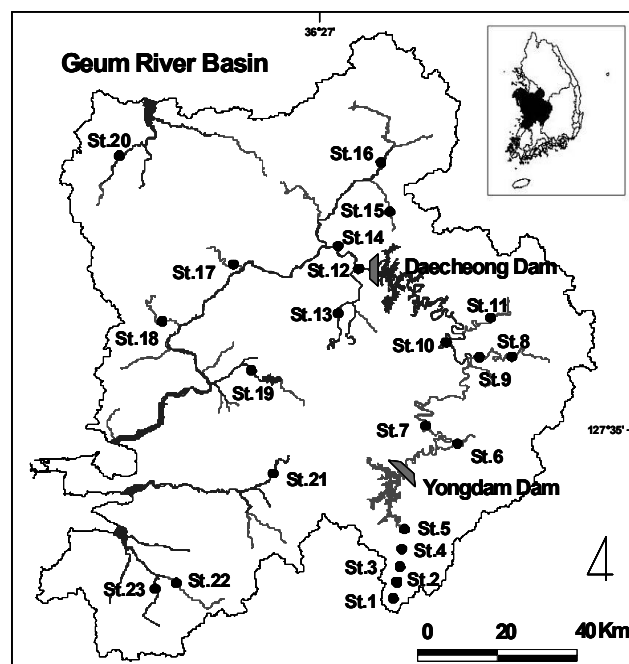


Figure 1. Map showing the survey stations in Geum river basin.

및 만경강을 포함한 총 23개 지점이다(Figure 1). 모든 지점에서 어류 채집은 3, 6, 9 및 11월에 1회씩 실시하였다. 조사 지점의 행정구역명 및 하천차수(stream order) 등은 Table 1과 같다.

2. 조사방법

본 조사지점에 대하여 '어류생태 모니터링 가이드라인'(Kim and Kim, 2009)에 제시한 사전조사, 현장조사, 조사 결과정리 및 평가 순서로 모니터링을 실시하였다. 현장조사는 각 지점의 횡단면 특성을 파악하기 위하여 광파기(각 지점당 4개), 전기자기식 유속계(Model 801, Valeport, UK) 및 수심계를 사용하여 1m 간격으로 측량, 유속과 수심을 측정하였다.

하상재료(substrate size)는 Woo(2001)의 사립자 크기 등급에 따라 실트(1, 0.1mm이하), 모래(2, 0.1~1.0mm), 잔자

갈(3, 1.0~50.0mm), 굵은자갈(4, 50.0~100.0mm), 호박돌(5, 100.0~300.0mm) 및 전석(6, 300.0mm 이상)으로 나누었다. 하천의 단면형태는 Rosgen(1994)의 방법에 따라 분류하였다.

어류채집은 방법에 따라 조사구간은 상하류 각각 200m 구간에서 60분씩 실시하였으며, 소(pool), 여울(riffle) 및 흐름이 있는 곳(run)을 모두 포함하여 조사하였다. 하천특성에 따라 어류의 채집은 투망(망목, 5×5mm) 및 족대(망목, 3×3mm)를 사용하였다. 투망은 정량적 조사를 수행하기 위하여 15~20회씩 동일하게 투척하였으며, 족대는 하천 좌우안 수초와 호박돌 주변에서 채집하였다. 투망 및 족대채집 지점에서 샘플 후에 유속계를 사용하여 유속 및 수심을 기록하였으며, 육안으로 하상재료를 확인하였다. 조사는 하류로부터 상류로 올라가면서 하천을 지그재그(zigzag)로 조사하였다. 현장에서 채집된 어류는 동정이 가능한 종은 현장에서 확인한 후 방류하였으며, 동정이 불가능한 어류는

Table 1. Stream order and locality of survey stations in the Geum river basin

Stations	Stream order	Sites address	Latitude and longitude
St. 1	1	Yonggye-ri, Jangsu-eup, Jangsu-gun, Jeonbuk	N35°37'06", E127°29'45"
St. 2	2	Gaejeong-ri, Jangsu-eup, Jangsu-gun, Jeonbuk	N35°37'07", E127°30'30"
St. 3	3	Songcheon-ri, Jangsu-eup, Jangsu-gun, Jeonbuk	N35°38'31", E127°30'49"
St. 4	4	Wolgok-ri, Cheoncheon-myeon, Jangsu-gun, Jeonbuk	N35°42'06", E127°31'18"
St. 5	5	Yeonpyeong-ri, Cheoncheon-myeon, Jangsu-gun, Jeonbuk	N35°47'21", E127°3'141"
St. 6	5	Osan-ri, Muju-eup, Muju-gun, Jeonbuk	N36°01'02", E127°38'42"
St. 7	5	Sutong-ri, Buri-myeon, Geumsan-gun, Chungnam	N36°02'52", E127°35'30"
St. 8	6	Yul-ri, Yongsan-myeon, Yeongdong-gun, Chungbuk	N36°13'36", E127°48'15"
St. 9	6	Simcheon-ri, Simcheon-myeon, Yeongdong-gun, Chungbuk	N36°13'47", E127°43'20"
St. 10	6	Jeokha-ri, Dongi-myeon, Okcheon-gun, Chungbuk	N36°16'31", E127°38'58"
St. 11	5	San-gye-ri, Cheongseong-myeon, Okcheon-gun, Chungbuk	N36°19'02", E127°44'29"
St. 12	5	Munpyeong-dong, Daedeok-gu, Daejeon	N36°27'25", E127°25'42"
St. 13	5	Oncheon 1-dong, Yuseong-gu, Daejeon	N36°21'05", E127°21'01"
St. 14	6	Bugang-ri, Buyong-myeon, Cheongwon-gun, Chungbuk	N36°31'07", E127°21'34"
St. 15	4	Hyochon-ri, Namil-myeon, Cheongwon-gun, Chungbuk	N36°35'06", E127°30'06"
St. 16	5	Seogu-ri, Ochang-eup Cheongwon-gun, Chungbuk	N36°42'42", E127°28'18"
St. 17	5	Dongdae-ri, Useong-myeon, Gongju-si, Chungnam	N36°28'04", E127°03'06"
St. 18	5	Hoegok-ri, Eunsan-myeon, Buyeo-gun, Chungnam	N36°19'25", E126°51'37"
St. 19	5	Deokji-dong, Nonsan-si, Chungnam	N36°12'40", E127°06'46"
St. 20	5	Du-ri, Sapgyo-eup, Yesan-gun, Chungnam	N36°41'12", E126°43'51"
St. 21	5	Janggi-ri, Bongdong-eup, Wanju-gun, Jeonbuk	N35°56'14", E127°10'14"
St. 22	5	Guseok-ri, Sintaein-eup, Jeongeup-si, Jeonbuk	N35°38'57", E126°55'34"
St. 23	4	Chogang-ri, Jeongu-myeon, Jeongeup-si, Jeonbuk	N35°38'19", E126°51'53"

10% 포르말린 용액에 고정하여 연구실에서 Kim과 Park(2002)의 문헌을 참고하였다.

각 지점의 조사결과 자료를 정리하여 어류상 및 우점도는 채집어류의 출현개체수에 따라 상대풍부도를 산정하였으며, 이를 근거로 하여 우점종(dominant species) 및 아우점종(subdominant species)을 확인하였다. 생물다양도(bio-diversity)는 출현개체수, 우점종 및 균집지수 등을 이용하여 환경의 변화가 악화될수록 특정종의 우세를 나타내는 지표인 우점도(dominance index, McNaughton, 1967), 균집분석 시 가장 많이 쓰이고 있으며, 풍부성을 지닌 종뿐만 아니라 보다 희귀성을 지닌 종까지 가치를 부여하는 지표인 종다양도(diversity index, Pielou, 1975), 다양도 지수는 균집 내 모든 종의 개체 수가 동일할 때가 최대가 되므로 결국 균등도지수는 균집 내 종 구성의 정도를 나타내는 지표인 균등도(evenness index, Pielou, 1975) 및 균집 내에 존재하는 종의 수에 근거한 종의 밀도 지표인 풍부도(richness index, Margalef, 1958)를 산출하였다.

3. 서식지 적합도 지수(HSI: Habitat suitability index) 산정

HSI 기준은 미국 워싱턴주 어류 및 야생동물국에서 제시한 "Instream flow study guidelines"를 기초로 하여 지수로 산정하였다(Stalnaker *et al.*, 1995). HSI는 각 조사지점에서 출현한 어종의 개체수를 기준으로 작성하였으며, 하천 단면적 분포와 조사기간 동안 출현한 개체수를 종합하여 최대값을 1.0으로 환산하고, 나머지는 최대값에 대한 상대비율로 설정하였다. 어류 채집 이전에 각 지점에서 하천 특성과 단면정보를 조사하여 HSI 산정에 이용하였다. HSI 작성은 하상재에 대하여는 이분법을 수심과 유속은 단일변량곡선(univariate curve)을 적용하여 산정하였다. HSI를 산정하기 위한 지점 및 방법은 Hur와 Kim(2009)의 보고와 같이 실시하였으며, 순서는 다음과 같다. 첫째, 조사지점을 선정하여 답사 및 위치를 확인하였다. 또한 횡단면에 물의 흐름을 방해하는 구조물이 없는 곳으로 여울, 소 및 유수역이 포함된 장소를 선정하였다. 둘째, 광파기를 통한 하천 횡단면과 하천폭을 측량하였다. 측량시 수심과 유속을 조사하여 유량을 산정하였다. 셋째, 하천 정보를 컴퓨터로 저장하여 전체면적에 대한 해당 수심, 유속 및 하상재료 범위가 차지하는 면적을 백분율로 산정하였다. 넷째, 하천 횡단면 측량 지역에서 어류 채집을 실시하였다. 어류 채집은 상법에 따라 실시하였으며, 현장에서 즉시 동정, 크기 및 마리수를 계수하였다. 다섯째, 각 단면적별 관측기대치를 산정하였다. 여섯째, HSI를 산정하였다.

결과 및 고찰

1. 조사 지점의 하천 특성 및 환경

조사 지점별 하천특성 및 환경은 Table 2와 같다. 하천 특성은 물의 흐름에 따라 상류보다는 하류의 하폭이 넓고, 수심은 깊어지는 것으로 나타났다. 그러나 유속은 본 조사에서 여울, 유수역 및 소를 전부 포함한 지점에서 조사가 이루어 졌기 때문에 차이를 보이지 않았다. 하천형태는 주로 B3~B5의 형태를 보였으며, 하상재료는 대부분 조사지점에서 가는자갈(3), 굵은자갈(4) 및 호박돌(5)로 구성되었으며, 삽교천(St. 20), 동진강(St. 22) 및 정읍천(St. 23)은 실트(1)와 모래(2)가 주를 이루었다.

2. 어류상

본 조사기간 동안 채집된 전체 어류상은 총 11과 50종 6,188개체였다(Table 3). 이 중 잉어과(Cyprinidae) 어류가 34종(68%)으로 가장 많이 출현하였으며, 다음으로 미꾸리과 3종(6%), 동자개과, 꺾지과, 동사리과 및 망둑어과가 각각 4%로 출현하였다. 잉어과 어류가 다른 과 보다 많이 채집되는 어류상의 특징은 한국의 서해와 남해로 흐르는 하천의 공통된 특징으로 알려져 있다(Jeon, 1980).

한국고유종(Korea endemic species)의 출현은 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준이 되며(Jeon, 1980), 서식지의 수환경 상태가 악화되면 종수는 급격히 감소한다고 하였다(Choi *et al.*, 2000). 따라서 고유종은 조사지점의 수환경 및 생물서식 특성 등을 파악할 수 있는 기준이 될 것으로 판단된다. 본 조사에서는 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 갈납자루(*Acheilognathus koreensis*) 및 가시납지리(*Acanthorhodeus gracilis*) 등 21종으로 42%가 출현하였다. 고유종의 출현율은 Son과 Song (2006)은 215종중에서 61종으로 28.4%, 이중 금강수계는 15.3%가 출현한다고 하였다. 따라서 본 조사에서는 전체어종에 비하여 상대적으로 고유종이 많이 채집되어 출현율이 높게 나타난 것으로 사료된다. 각 지점에서 고유종의 출현율은 만경강(St. 21)에서 10종이 출현하여 71.4%로 가장 높은 비율을 보였으며, 초강천(St. 8)과 금강(St. 10)이 각각 66.7%로 나타났다(Table 4). 개체는 초강천(St. 9)에서 16종으로 가장 많이 출현하였다. 각 개체의 출현빈도(occurrence frequency)는 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)가 15개 지점에서 출현하여 65.2%로 가장 높았으며, 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 13개 지점(56.5%), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*) 및 동사리(*Odontobutis platycephala*) 각각 12개 지점(52.2%)에서 확인되었다. 채

Table 2. The environmental characteristics of survey stations in the Geum river basin

Division Stations	Width (m)	Velocity (m/S)	Depth (m)	River type*	Substrate size**
1	3~7	0.1~0.6	0.1~0.6	B3~B4	3~4
2	10~15	0.1~0.4	0.1~0.6	B3~B4	4~5
3	20~40	0.1~0.3	0.3~0.8	B3~B4	4~5
4	20~50	0.2~0.5	0.2~0.7	B3~B4	4~5
5	20~30	0.1~0.3	0.1~0.5	B3~B4	4~5
6	40~70	0.1~0.5	0.2~0.6	B3~B4	4~5
7	80~110	0.2~1.0	0.2~1.2	B3~B4	4~5
8	60~90	0.1~0.5	0.2~0.5	B3~B4	4~5
9	30~60	0.1~0.8	0.3~0.8	B3~B4	3~4
10	80~100	0.2~1.0	0.2~1.2	B3~B4	3~4
11	20~60	0.1~0.4	0.3~0.6	B3~B4	2~3
12	100~150	0.2~0.6	0.2~1.5	B3~B4	4~5
13	60~80	0.1~0.5	0.2~0.9	B3~B4	2~3
14	100~200	0.2~0.8	0.3~1.2	B3~B4	2~3
15	20~30	0.1~0.3	0.2~0.6	B3~B4	2~3
16	70~150	0.1~0.6	0.2~1.0	B3~B4	2~3
17	20~40	0.2~0.7	0.3~1.0	B4~B5	3~4
18	13~60	0.2~0.8	0.2~0.6	B3~B4	2~3
19	15~30	0.1~0.3	0.2~0.6	B3~B4	2~3
20	30~40	0.1~0.4	0.2~0.5	B4~B5	1~2
21	30~50	0.2~0.6	0.3~1.0	B3~B4	4~5
22	20~40	0.1~0.4	0.5~1.0	B3~B4	1~2
23	15~30	0.1~0.3	0.2~0.7	B4~B5	1~2

*B3: Meandering river-cobble, B4: Meandering river-gravel, B5: Meandering river-sand

**1(silt): <0.1mm, 2(sand): 0.1~1.0mm, 3(fine gravel): 1.0~50.0mm, 4(coarse gravel): 50.0~100.0mm, 5(cobbles): 100.0~300.0mm, 6(boulders): >300.0mm

집 개체수 순서는 참갈겨니(*Z. koreanus*)가 628개체(10.2%), 쉬리(*C. splendidus*) 517개체(8.4%) 및 돌마자(*M. yaluensis*) 323개체(5.2%)를 나타내었다.

본 조사에서 서식이 확인된 어류 중 환경부가 지정한 한국멸종위기야생동물에 해당하는 종(endangered species)으로 I 급에 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)와 II 급에 꾸구리(*Gobiobotia macrocephala*)와 돌상어(*Gobiobotia brevisbarba*)가 출현하였다. 감돌고기(*P. nigra*)는 금강에서는 앞섬(St. 6), 수통(St. 7) 및 옥천(St. 10)지점에서 출현하였으며, 초강천의 송천(St. 8) 및 심천(St. 9), 만경강 봉동(St. 21)에서 채집되었다. 감돌고기(*P. nigra*)는 금강 중류 및 상류, 금강 지류인 보청천, 초강천 및 만경강 등에 서식하는 종으로 하천 생태계의 교란으로 개체수가 감소하여 환경부에서 멸종위기종으로 지정하여 법적으로 보호하고 있다(Kim et al., 2005). 감돌고기(*P. nigra*)는 총 140개체(2.3%)가 채집되어 50종 중 11번째로 상위에 속하지만 일부지점(St. 6, 7, 8)에 개체가 편중되는 현상을 보여 주었다. 멸종위기 II 급인 꾸구리(*G. macrocephala*)와 돌상어(*G. brevisbarba*)

도 감돌고기(*P. nigra*)와 마찬가지로 일부 조사지점에서만 채집되어 이 종들에 대한 보호대책이 필요할 것으로 판단된다. 감돌고기(*P. nigra*), 꾸구리(*G. macrocephala*) 및 돌상어(*G. brevisbarba*)의 서식환경 조건은 여울이 형성되어 있는 서식지를 선호하는 것으로 나타나 추후 하천정비 및 각종 수환경 개선사업시에 이러한 서식환경을 활용되어야 할 것으로 사료된다.

조사 지점 중 15개 지점에서 피라미(*Z. platypus*)가 우점종으로 나타났다. 참갈겨니(*Z. koreanus*)는 St. 1, 2, 3 (금강 상류) 및 21(만경강, 봉동)에서 우점종으로 출현하였다(Table 3). 쉬리(*C. splendidus*)는 금강 용담댐 하류지점인 St. 6 및 7에서 우점종으로 나타났다. 대청댐 하류 지점인 St. 12(현도) 및 14(부강)에서 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*)이 우점종으로 출현하였다. 아우점종 중 St. 1 및 2(금강 상류)에서 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*)로 나타났다. 본 조사에서 나타난 잉어과 피라미속(*Zacco*)에 피라미(*Z. platypus*) 및 참갈겨니(*Z. koreanus*)가 우점종으로 나타난 서식지의 형태는 상류부에서는 참갈겨니(*Z.*

Table 3. The list and individual number of collected fishes at each station in the Geum river basin

Species	Stations													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Anguillidae														
<i>Anguilla japonica</i>														
Cyprinidae														
* <i>Carassius cuvieri</i>													1	
<i>Cyprinus carpio</i>						1							2	
<i>Carassius auratus</i>							1						3	
<i>Rhodeus ocellatus</i>														
° <i>Rhodeus uyekii</i>				1										
<i>Rhodeus notatus</i>														
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>								12		30		35	3	35
° <i>Acheilognathus koreensis</i>						6	2	8	8	1				
° <i>Acheilognathus yamatsutae</i>						27		4	55	32				
<i>Acheilognathus rhombea</i>						1			6			4		2
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>												1		
° <i>Acanthorhodeus gracilis</i>										6		3		
<i>Pseudorasbora parva</i>	3													
<i>Pungtungia herzi</i>	9	3	25	20	15	9	4	24	31	20	6	1		9
° <i>Pseudopungtungia nigra</i>						31	26	70	10	2				
° <i>Coreoleuciscus splendidus</i>				11	2	57	35	138	161	17	17	2		8
° <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>						11	5	8	15	10				
° <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>								4	3	1	2			
<i>Gnathopogon strigatus</i>							2		3	1				
° <i>Squalidus gracilis majimae</i>									1		10	2		
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>									3		24	1		
<i>Hemibarbus labeo</i>					1	1		1	1		1	23	19	
<i>Hemibarbus longirostris</i>			2	8	43	4		10	22	38	9	4	22	
<i>Pseudogobio esocinus</i>		4	10	9	11	3	6	13	41	17	35	2	30	
° <i>Gobiobotia macrocephala</i>						1	1	6	40					
° <i>Gobiobotia brevibarba</i>							2	6	15					
° <i>Microphysogobio yaluensis</i>			17	2	74			7	47	12	2		5	
° <i>Microphysogobio jeoni</i>														
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	13	11	3											
° <i>Zacco koreanus</i>	54	75	132	73	18	22	15	93	9	11	1	46		
<i>Zacco platypus</i>			29	95	138	56	33	171	259	69	114	85	200	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>					23	1			2	1	14		10	
<i>Squaliobarbus curriculus</i>														
° <i>Hemiculter eigenmanni</i>														
Cobitidae														
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	3	1	4						1				7	
° <i>Iksookimia koreensis</i>			4		3	13	4		2	1	3		2	
<i>Cobitis lutheri</i>							1				1			
Siluridae														
<i>Silurus asotus</i>									1					
Bagridae														
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>						1			2				2	
° <i>Pseudobagrus koreanus</i>														
Amblycipitidae														
° <i>Liobagrus mediadiposalis</i>					1									
Osmeridae														
<i>Plecoglossus altivelis</i>											3	7		
Centropomidae														
<i>Siniperca scherzeri</i>						1			8					
° <i>Coreoperca herzi</i>						4	6	11	3	3				
Odontobutidae														
° <i>Odontobutis platycephala</i>						5		6	8	8	1		3	
° <i>Odontobutis interrupta</i>									1	1			1	
Gobiidae														
<i>Rhinogobius brunneus</i>					8			6			6	3	17	
<i>Tridentiger brevispinis</i>												97		
Centrarchidae														
* <i>Micropterus salmoides</i>											1		2	
Number of species	5	5	9	8	12	20	16	18	30	18	22	13	20	
Number of individual	82	94	226	219	337	255	155	586	794	245	293	276	380	

Table 3. (Continued)

Species	Stations											Total	
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	N	RA(%)	OF(%)
Anguillidae													
<i>Anguilla japonica</i>										1	1	0.02	4.3
Cyprinidae													
* <i>Carassius cuvieri</i>	5						2		12	21	41	0.66	21.7
<i>Cyprinus carpio</i>	1						3				7	0.11	17.4
<i>Carassius auratus</i>	1	1					6			3	15	0.24	26.1
<i>Rhodeus ocellatus</i>							2				2	0.03	4.3
° <i>Rhodeus uyekii</i>				1	2		2				6	0.10	17.4
<i>Rhodeus notatus</i>							8				8	0.13	4.3
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	5	10		6	29	11	4	2	8	3	193	3.12	60.9
° <i>Acheilognathus koreensis</i>					17				6		48	0.78	30.4
° <i>Acheilognathus yamatsutae</i>									9		127	2.05	21.7
<i>Acheilognathus rhombea</i>		3		1	9		1		3		30	0.48	39.1
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>				1	1		1				4	0.06	17.4
° <i>Acanthorhodeus gracilis</i>		2			2		1		1	2	17	0.27	30.4
<i>Pseudorasbora parva</i>							2			1	6	0.10	13.0
<i>Pungtungia herzi</i>				16	13				22		227	3.67	69.6
° <i>Pseudopungtungia nigra</i>									1		140	2.26	26.1
° <i>Coreoleuciscus splendidus</i>				68					1		517	8.35	52.2
° <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>				1	5						55	0.89	30.4
° <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>											10	0.16	17.4
<i>Gnathopogon strigatus</i>		5				1					13	0.21	26.1
° <i>Squalidus gracilis majimae</i>					2			1	3		19	0.31	26.1
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>						3			1	32	64	1.03	26.1
<i>Hemibarbus labeo</i>			13	6	16	12			4	63	161	2.60	56.5
<i>Hemibarbus longirostris</i>			3	36	34	10		1		10	258	4.17	73.9
<i>Pseudogobio esocinus</i>	1	32	13	35	27	12	34		4	66	405	6.54	91.3
° <i>Gobiobotia macrocephala</i>											48	0.78	17.4
° <i>Gobiobotia brevisbarba</i>											23	0.37	13.0
° <i>Microphysogobio yaluensis</i>		7	1	9	132	2	5			1	323	5.22	65.2
° <i>Microphysogobio jeoni</i>						3					3	0.05	4.3
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>											27	0.44	13.0
° <i>Zacco koreanus</i>								79			628	10.15	56.5
<i>Zacco platypus</i>	1	34	42	78	132	81	196	45	64	198	2120	34.26	91.3
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>			4	5	13	4	2		1	4	84	1.36	56.5
<i>Squaliobarbus curriculus</i>					1	2					3	0.05	8.7
° <i>Hemiculter eigenmanni</i>								3		3	7	0.11	13.0
Cobitidae													
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1	1		1			7			6	32	0.52	43.5
° <i>Iksookimia koreensis</i>				16	5						53	0.86	43.5
<i>Cobitis lutheri</i>											2	0.03	8.7
Siluridae													
<i>Silurus asotus</i>					1						2	0.03	8.7
Bagridae													
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>				2							7	0.11	17.4
° <i>Pseudobagrus koreanus</i>				16	4			2			22	0.36	13.0
Amblycipitidae													
° <i>Liobagrus mediadiposalis</i>					3						4	0.06	8.7
Osmeridae													
<i>Plecoglossus altivelis</i>											10	0.16	8.7
Centropomidae													
<i>Siniperca scherzeri</i>				2	2						13	0.21	17.4
° <i>Coreoperca herzi</i>									4		31	0.50	26.1
Odontobutidae													
° <i>Odontobutis platycephala</i>	1			15	3		4	3	2		59	0.95	52.2
° <i>Odontobutis interrupta</i>								5	1		9	0.15	21.7
Gobiidae													
<i>Rhinogobius brunneus</i>	1	1	1	22	61	3	46			1	176	2.84	56.5
<i>Tridentiger brevispinis</i>	11										108	1.75	8.7
Centrarchidae													
* <i>Micropterus salmoides</i>		1								16	20	0.32	17.4
Number of species	10	11	7	20	23	12	21	14	13	17	50		
Number of individual	28	97	77	337	514	144	336	177	107	429	6188		

koreanus)가 우점하였으나, 중하류부에서는 피라미(*Z. platypus*)가 우점하는 것으로 나타났다. Hur와 Kim(2009)은 하천차수에 따른 피라미(*Z. platypus*)는 1 및 2차 하천을 제외한 모든 조사지점에서 출현한 것으로 보고하였으며, 2

차 하천 이하에서는 산간 계곡 하천으로 피라미(*Z. platypus*) 보다는 참갈겨니(*Z. koreanus*)가 우세하게 출현하는 것으로 보고하였다. 본 조사에서도 참갈겨니(*Z. koreanus*)는 3차 하천 이하에서 피라미(*Z. platypus*) 보다

Table 4. Occurrence rate of collected fishes at each station in the Geum river basin

Stations	Occurrence rate (%)		
	Korea endemic Sp.	Endangered Sp.	Exotic Sp.
1	20.0	0	0
2	20.0	0	0
3	33.3	0	0
4	50.0	0	0
5	41.7	0	0
6	50.0	10.0	0
7	56.3	18.8	0
8	66.7	16.7	0
9	53.3	10.0	0
10	66.7	5.6	0
11	36.4	0	4.5
12	23.1	0	0
13	25.0	0	10.0
14	10.0	0	10.0
15	18.2	0	9.1
16	14.3	0	0
17	35.0	0	0
18	43.5	0	0
19	16.7	0	0
20	28.6	0	4.8
21	71.4	7.1	0
22	30.8	0	7.7
23	17.6	0	11.8

우점종으로 나타났다.

3. 개체수 구성비

본 조사에서 채집된 어류 50종 중 우점종은 34.3%로 피라미(*Z. platypus*)가 차지하였고, 아우점종은 참갈겨니(*Z. koreanus*)(10.2%), 다음으로 쉬리(*C. splendidus*)(8.4%), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*)(6.5%), 돌마자(*M. yaluensis*)(5.3%)의 순으로 나타났다(Figure 2).

4. 어류군집 분석

Table 5의 생물다양도 분석결과 우점도는 평균 0.62로 군집안정도에서 다소양호 및 안정상태로 나타났다 (0.9~1.0: 매우불량, 0.7~0.9: 불량, 0.5~0.7: 다소양호 및 안정, 0.25~0.5: 양호 및 안정, <0.25: 매우양호 및 고안정). 전체적으로 지수가 높은 것은 특정 어종의 우점현상이 늘어

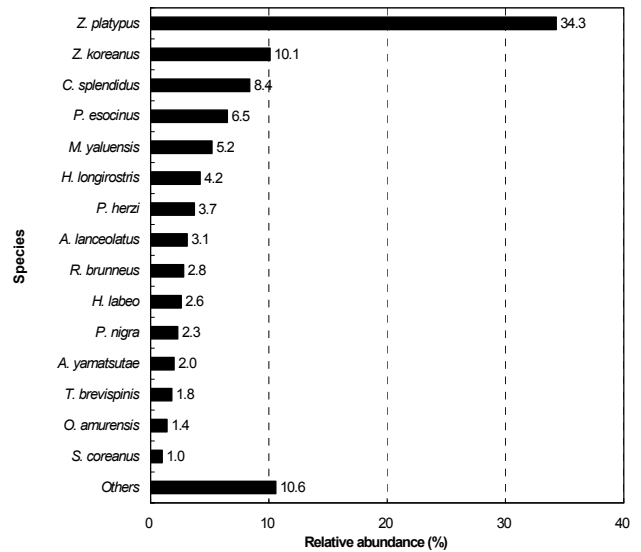


Figure 2. The relative abundance of the fish species collected in the Geum river basin

Table 5. The biological indices of fish community at each station in the Geum river basin

Stations	Dominance	Diversity	Evenness	Richness
1	0.81	0.78	0.48	0.91
2	0.91	0.54	0.34	0.88
3	0.71	1.08	0.49	1.48
4	0.77	1.05	0.51	1.30
5	0.63	1.59	0.64	1.89
6	0.44	2.07	0.69	3.43
7	0.44	1.98	0.71	2.97
8	0.53	1.75	0.61	2.67
9	0.53	2.28	0.67	4.34
10	0.44	2.10	0.73	3.09
11	0.51	2.14	0.69	3.70
12	0.66	1.34	0.52	2.14
13	0.62	1.85	0.62	3.20
14	0.57	1.82	0.79	2.70
15	0.68	1.69	0.70	2.19
16	0.71	1.32	0.68	1.38
17	0.43	2.34	0.78	3.26
18	0.51	2.24	0.71	3.52
19	0.65	1.61	0.65	2.21
20	0.72	1.61	0.53	3.44
21	0.70	1.28	0.48	2.51
22	0.71	1.54	0.60	2.57
23	0.62	1.75	0.62	2.64
Avg	0.62	1.64	0.62	2.54

나고 전체 어류상에서 다양성이 떨어지는 것으로 볼 수 있다. 우점도에서 가장 높은 지수를 보인 St. 2(0.91)로 참갈겨니(*Z. koreanus*)가 79.8%로 나타나 다른 조사 지점보다 우점률이 높은 것으로 나타났다. 반면에 St. 17(0.43)은 다소 양호 및 안정상태를 보였는데 우점종의 우점률이 23.1%로 낮아 어종이 다양하게 출현하는 것으로 나타났다. 본 조사 지점중 갑천(St. 13)은 우점도가 0.62로 나타나 Lee(2001)가 보고하였던 0.31 보다 2배 높게 나타났다. 또한 금강(St. 10)은 0.44로 Choi *et al.*(1997)이 보고한 0.11 보다 4배 높은 값을 보였다. 이러한 결과는 조사지 및 조사자 등의 여러 조건 등에 의해 나타나는 차이이므로 과거 어류 조사 자료와 직접적으로 비교하기는 어려우나, 현재 조사에서는 과거보다는 종이 단순화 된 것으로 나타났다. 다양도는 평균 1.64로 불량상태이다(>1.0: 매우불량, 1.0~2.0: 불량, 2.0~3.0: 다소양호, 3.0~4.0: 양호, 4.0<: 매우양호). 출현어종의 다양성을 나타내는 다양도와 한 종이 우점을 나타내는 우점도는 서로 상반관계의 개념으로서 본 조사에서 나타난 결과로는 환경이 불량한 것으로 보여 진다. 균등도는 0.34~0.79 범위로 나타났다. St. 14에서 가장 높은 값을 보

인 반면, St. 2에서 가장 낮은 값을 보여 우점도와 서로 상반되는 경향을 보였다. 풍부도는 0.88~4.34로 용담댐 상류인 St. 2에서 가장 낮은 지수를 보인 반면, 30종으로 가장 많은 종이 출현하였던 St. 9에서 4.34로 가장 높은 값을 보였다.

5. 금강수계의 어류상 비교

금강과 지류에 서식하는 담수어류에 관한 조사는 Son(1983), Lee(1992), Jeon(1977), Choi(1973), Choi(1978), Choi *et al.*(1977), Choi *et al.*(1997), Choi와 Kim(1972) 등이 있으며, An *et al.*(1992)은 18과 70종으로 보고하였다(Table 6). 본 조사에서는 11과 50종으로 나타나 과거에 보고한 자료보다 적은종이 출현하는 것으로 나타났다. An *et al.*(1992)의 어류 채집시기는 70년대로 볼 때, 많은 종이 감소하였음을 추측하여 볼 수 있다. 또한 본 조사 지점 수와 An *et al.*(1992)의 지점수가 다른 이유도 종수에 차이를 나타낸 것으로 사료된다. 그러나 점차적으로 어류종이 감소되고 있는 것으로 볼 수 있다.

Table 6. Reference comparison of the fish fauna in the Geum river basin

Family	Species	An <i>et al.</i> (1992)	Present study
Petromyzonidae	<i>Lampetra reissneri</i>	●	
Anguillidae	<i>Anguilla japonica</i>	●	●
Engraulidae	<i>Coilia nasus</i>	●	
Cyprinidae	<i>Carassius cuvieri</i>		●
	<i>Cyprinus carpio</i>	●	●
	<i>Carassius auratus</i>	●	●
	<i>Rhodeus ocellatus</i>	●	●
	<i>Rhodeus atremius</i>	●	
	<i>Rhodeus uyekii</i>	●	●
	<i>Rhodeus notatus</i>	●	●
	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	●	●
	<i>Acheilognathus koreensis</i>	●	●
	<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	●	●
	<i>Acheilognathus rhombeus</i>	●	●
	<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	●	●
	<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	●	●
	<i>Pseudorasbora parva</i>	●	●
	<i>Pungtungia herzi</i>	●	●
	<i>Pseudopungtungia nigra</i>	●	●
	<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	●	●
	<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	●	●
	<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	●	●
	<i>Gnathopogon strigatus</i>	●	●
	<i>Squalidus gracilis majimae</i>	●	●
	<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	●	●
	<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>		●
	<i>Hamibarbus labeo</i>	●	●

Table 6. (Continued)

Family	Species	An <i>et al.</i> (1992)	Present study
Cyprinidae	<i>Hamibarbus longirostris</i>	•	•
	<i>Pseudogobio esocinus</i>	•	•
	<i>Abbottina springeri</i>	•	
	<i>Gobiobotia macrocephala</i>	•	•
	<i>Gobiobotia brevibarba</i>	•	•
	<i>Gobiobotia naktongensis</i>	•	
	<i>Microphysogobio yaluensis</i>	•	•
	<i>Microphysogobio jeoni</i>	•	•
	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	•	•
	<i>Rhynchocypris kumgangensis</i>	•	
	<i>Zacco koreanus</i>	•	•
	<i>Zacco platypus</i>	•	•
	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	•	•
	<i>Squaliobarbus curriculus</i>	•	•
	<i>Erythroculter erythropterus</i>	•	
	<i>Hemiculter eigenmanni</i>	•	•
<i>Hemiculter leucisculus</i>			
Cobitidae	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	•	•
	<i>Misgurnus mizolepis</i>	•	
	<i>Iksookimia koreensis</i>	•	•
	<i>Iksookimia choii</i>	•	
	<i>Cobitis lutheri</i>	•	•
Siluridae	<i>Silurus asotus</i>	•	•
	<i>Silurus microdorsalis</i>	•	
Bagridae	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	•	•
	<i>Pseudobagrus koreanus</i>	•	•
	<i>Leiocassis ussuriensis</i>	•	
	<i>Leiocassis nitidus</i>	•	
Amblycipitidae	<i>Liobagrus mediadiposalis</i>	•	•
	<i>Liobagrus obesus</i>	•	
Osmeridae	<i>Plecoglossus altivelis</i>	•	•
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	•	
Adrianichthyidae	<i>Oryzias sinensis</i>		
Hemiramphidae	<i>Hyporhamphus intermedius</i>	•	
Cottidae	<i>Trachidermus fasciatus</i>	•	
Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	•	
Centropomidae	<i>siniperca scherzeri</i>	•	•
	<i>Coreoperca herzi</i>	•	•
Callionymidae	<i>Repomucenus olidus</i>	•	
Odontobutidae	<i>Odontobutis platycephala</i>	•	•
	<i>Odontobutis interrupta</i>	•	•
Gobiidae	<i>Synechogobius hasta</i>	•	
	<i>Rhinogobius giurinus</i>	•	
	<i>Rhinogobius brunneus</i>	•	•
	<i>Tridentiger bifasciatus</i>	•	
	<i>Tredentiger brevispinis</i>		•
Channidae	<i>Channa argus</i>	•	
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>		•
Tetraodontidae	<i>Takifugu obscurus</i>	•	
	Family/Species	19/70	11/50

6. 서식지 적합도 지수 산정

각 조사지점에서 우점종을 사용하여 수심, 유속 및 하상 재료에 대한 서식지 적합도 지수(HSI)를 산정하였다(Table 7). 금강 상류지점(St. 1~3)에서 참갈겨니(*Z. koreanus*)의 HSI는 수심 0.3~0.7m, 유속 0.1~0.5m/s 및 하상재료는 4(굵은자갈, 50.0~100.0mm)~5(호박돌, 100.0~300.0mm)로 나타났다. 피라미(*Z. platypus*) 경우, 하천의 차수 및 지점별 차이가 있을 수 있으나, 본 조사에서 나타난 피라미(*Z. platypus*)의 HSI는 수심 0.1~0.9m, 유속 0~0.9m/s 및 하상재료는 1(실트, <0.1 mm)~5(호박돌, 100.0~300.0mm)까지 다양한 HSI를 보여주었다. Hur와 Kim (2009)은 피라미(*Z. platypus*)의 채집 서식지의 유속, 수심, 하상재료 및 서식지 형태를 보고하였는데, 유속의 경향은 0.3m/s에서 가장 많이 채집되었으며, 수심은 0.4 m에서 21.9%, 하상재료는 모래에서 굵은자갈 사이에 가장 많이 채집되었으며, 서식지 형태는 흐름이 있는 유수역에서 60.3%로 나타났고 여울과 소에서 각각 17.8%와 21.8%를 보였다고 하였다. 본 조사에서

는 Hur와 Kim(2009)과는 다소 차이를 보여주었으나, 범위는 유사하게 나타났다. St. 6과 7에서 쉬리(*C. splendidus*)는 비교적 여울이 형성되어 있는 서식지를 선호하는 것으로 나타났다. 쉬리(*C. splendidus*)의 HSI는 수심 0.2~0.7m, 유속 0.1~0.8m/s 및 하상재료는 3(잔자갈, 1.0~50.0mm)~5(호박돌, 100.0~300.0mm)로 나타났다.

인용문헌

- An, K.G., Y.P. Hong, J.K. Kim and S.S. Choi(1992) Studies on zonation and community analysis of freshwater fish in Kum-river. Korean J. Limnol. 25(2): 99-112.
- Choi, J.K., H.K. Byeon and H.K. Seok(2000) Studies on the dynamics of fish community in Wonju stream. Korean J. Limnol. 33(3): 274-281.
- Choi, K.C. and I.S. Kim(1972) On the fish fauna in the Namdae river, Muji. Korean J. Limnol. 5(1): 1-12.
- Choi, K.C.(1973) On the geographical distribution of fresh-water fishes south of DMZ in Korea. Korean J. Limnol. 6(3): 29-36.

Table 7. Habitat suitability index of the dominant species at each station in the Geum river basin

Stations	Dominant Sp.	Depth (m)	Velocity (m/s)	Substrate size (mm)*
1	<i>Z. koreanus</i>	0.3~0.6	0.3~0.5	4~5
2	<i>Z. koreanus</i>	0.3~0.6	0.2~0.5	4~5
3	<i>Z. koreanus</i>	0.4~0.7	0.1~0.4	4~5
4	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.5	0.5~0.7	3~4
5	<i>Z. platypus</i>	0.2~0.6	0.1~0.4	3~4
6	<i>C. splendidus</i>	0.2~0.5	0.1~0.3	3~4
7	<i>C. splendidus</i>	0.4~0.7	0.5~0.8	4~5
8	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.5	0.5~0.7	4~5
9	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.6	0~0.3	3~4
10	<i>Z. platypus</i>	0.4~0.7	0.3~0.6	4~5
11	<i>Z. platypus</i>	0.2~0.4	0.1~0.6	2~4
12	<i>Tridentiger brevispinis</i>	0.4~0.8	0.4~0.6	2~4
13	<i>Z. platypus</i>	0.1~0.5	0~0.6	2~3
14	<i>Z. platypus</i>	0.5~0.8	0.2~0.6	2~3
15	<i>P. esocinus</i>	0.5~0.9	0~0.1	2~3
16	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.6	0.5~0.9	2~3
17	<i>Z. platypus</i>	0.2~0.5	0~0.5	3~4
18	<i>Z. platypus</i>	0.2~0.5	0.3~0.6	2~3
19	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.6	0.1~0.5	3~4
20	<i>Z. platypus</i>	0.3~0.6	0.2~0.7	1~2
21	<i>Z. koreanus</i>	0.5~0.8	0~0.4	4~5
22	<i>Z. platypus</i>	0.5~0.9	0~0.2	1~2
23	<i>Z. platypus</i>	0.1~0.4	0.1~0.2	1~2

*1(silt): <0.1mm, 2(sand): 0.1~1.0mm, 3(fine gravel): 1.0~50.0mm, 4(coarse gravel): 50.0~100.0mm, 5(cobbles): 100.0~300.0mm, 6(boulders): >300.0mm

- Choi, K.C., J.Y. Lee and T.R. Kim(1977) Survey on the fish fauna in geum river around Daechung dam in construction. The list of fishes and their distribution. Korean J. Limnol. 10(1-2): 25-32.
- Choi, S.S.(1978) Studies on the fauna of the fresh water fishes in the upper stream of Geum river. Korean J. Limnol. 11(1-2): 27-33.
- Choi, S.S., H.B. Song and S.O. Hwang(1997) Study on the fish community in the Daechong reservoir. Korean J. Limnol. 30(2): 155-166.
- Hur, J.W. and J.K. Kim(2009) Assessment of riverine health condition and estimation of optimal ecological flowrate considering fish habitat in downstream of Yongdam dam. J. Korea Water Res. Assoc. 42(6): 481-491.
- Jeon, S.R.(1977) Ecological studies on the *Pseudopungtungia nigra* from Korea. Korean J. Limnol. 10(1): 33-46.
- Jeon, S.R.(1980) Studies on the distribution of freshwater fishes from Korea. Ph.D. Thesis, Choongang Univ., 91pp.
- Kim, I.S. and J.Y. Park(2002) Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Publishing Co. Ltd., 465pp.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.Y. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd., 613pp.
- Kim, K.H. and J.K. Kim(2009) Guideline of Fish Ecology Monitoring. Ecoriver21 report ER 2009-3-1, Ecoriver Research Center, Ilsan, 68pp.
- Lee, C.L.(1992) The Variations of the fish community after dam construction of the Kum river estuary. Korean J. Limnol. 25(3): 193-204.
- Lee, C.L.(2001) Ichthyofauna and fish community from the Gap stream water system, Korea. Korea J. Environ. Biol. 19(4): 292-301.
- Margalef, R.(1958) Information Theory in Ecological. Gen. Syst. 3: 36-71.
- McNaughton, S.J.(1967) Relationship among functional properties of California Glassland. Nature 216: 168-169.
- Pielou, E.C.(1975) Ecological Diversity. Wiley, New York, 165pp.
- Rosgen, D.L.(1994) A classification of natural rivers, Catena. 22: 169-199.
- Son, Y.M. and H.B. Song(2006) Freshwater Fishes of Geum River, Korea. Jisung Publishing Co. Ltd., 239pp.
- Son, Y.M.(1983) On the fresh-water fish fauna in the Miho river. Korean J. Limnol. 16(1): 13-20.
- Stalnaker, C.B., B.L. Lamb., J. Henriksen., K. Bovee and J. Bartholow(1995) The instream flow incremental methodology a primer for IFIM. Biological report 29. U.S. Department of the Interior, 45pp.
- Waddle, T.J.(ed.)(2001) PHABSIM for Windows: User's Manual and Exercises, Open File Report 01-340. US Geological Survey: Fort Collins, CO; 288pp.
- Woo, H.S.(2001) River Hydraulics. Changmoon Publishing Co. Ltd., pp.363.